

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

*И.И. Исмагилов,  
С.Н. Савдур,*

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Россия, г. Казань

**Ключевые слова:** *электронная коммерция, системы электронной коммерции, интернет-магазин, материальные потоки, информационные потоки, модифицированные сети Петри.*

Развитие информационных технологий стимулировало разработку систем электронной коммерции (ЭК), которые вобрали в себя лучшие идеи и методы традиционного бизнеса и успешно развили их в условиях становления информационной экономики. Применение этих систем на предприятиях позволяет существенно снизить административные расходы, затраты на закупку необходимого оборудования и сырья, упростить общение с клиентами и поставщиками, максимально использовать возможности аутсорсинга [1].

Принято выделять пять основных направлений ЭК [2]:

- бизнес-бизнес (business-to-business, B2B);
- бизнес-потребитель (business-to-consumer, B2C);
- бизнес-администрация (business-to-administration, B2A, B2G);
- потребитель-администрация (consumer-to-administration, C2A, C2G);
- потребитель-потребитель (consumer-to-consumer, C2C).

Перспективные типы СЭК для корпоративного сектора ЭК представлены в [3]. Основу направления B2C (розничного сектора ЭК) составляют электронные магазины (интернет-магазины), предлагающие широкий спектр товаров и услуг конечным потребителям.

Интернет-магазины характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому могут рассматриваться как сложные экономико-технические системы [4]. Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания процесса [5].

Условное движение информационных и материальных потоков среднестатистического интернет-магазина изображено на рисунке 1. Сплошными линиями обозначено движение информации, а – пунктирными материальные потоки [6].

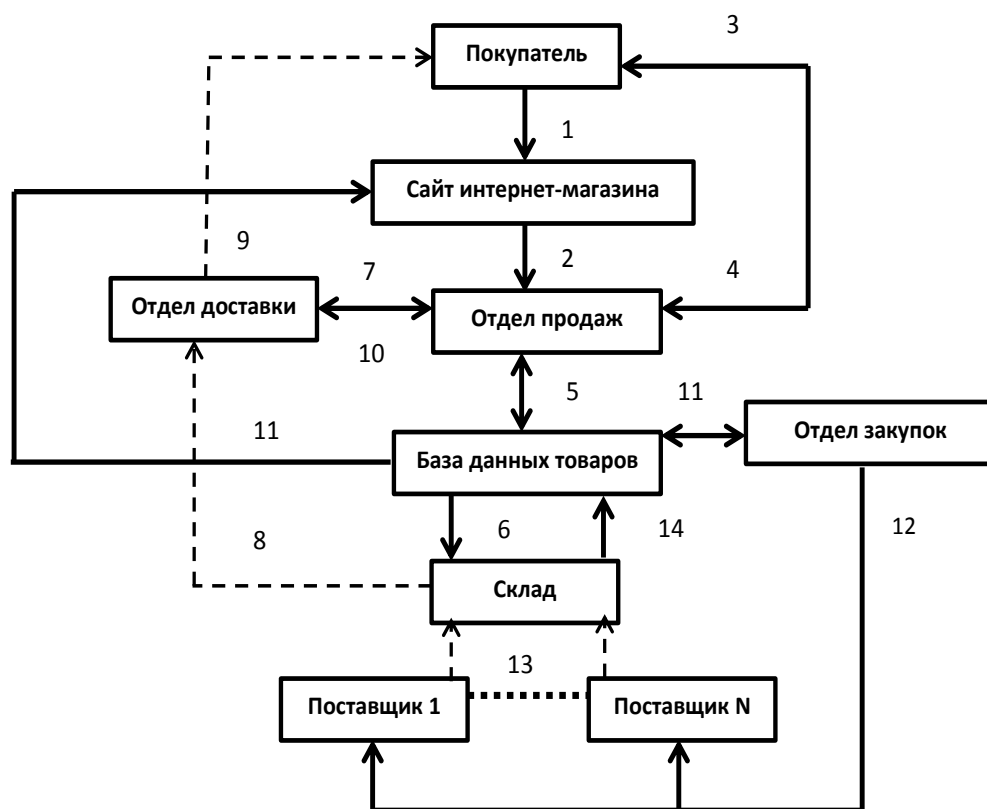


Рис. 1. Материальные и информационные потоки интернет-магазина

Схема работы интернет-магазина описывается следующей последовательностью этапов совершения покупки товаров:

1. Покупатель заходит на сайт, изучает ассортимент, и если его все удовлетворяет, делает заказ.

2. Информация о заказе поступает в Отдел продаж.

3. Покупателя по телефону или e-mail просят подтвердить заказ. Менеджер по продажам уточняет место и время доставки покупки, а также, в случае необходимости, корректирует параметры заказанных товаров.

4. Сотрудник Отдела продаж может проверить платежеспособность клиента, предложить ему дополнительные товары или замену товарам, которых нет в наличии у поставщиков.

5. В базе данных происходит проверка наличия на складе требуемых товаров.

6. Информация о заказе передается на склад.

7. В Отдел доставки поступает адрес доставки и состав заказа.

8. Укомплектованный заказ поступает в Отдел доставки.

9. Отдел доставки способом, выбранным клиентом, доставляет товар.

Это упрощенная схема, из нее исключены финансовые потоки и сопровождающая их информация, предполагается, что магазин работает со своим складом, хотя в зависимости от профиля магазина, некоторые товары могут доставляться клиенту непосредственно от поставщика и т. д. Однако даже из такой простой схемы видно, что управление потоками составляют важную часть

магазина, а возможности потерять, задержать или исказить информацию есть практически у каждого отдела [6].

Для описания схемы интернет магазина нами предлагается использование N-схем, опирающихся на математический аппарат сетей Петри, одним из достоинств которого является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели [7].

При анализе структурных и функциональных схем следует учитывать основное ограничение формализма N-схем, которое состоит в том, что они не учитывают временные характеристики моделируемых систем, так как время срабатывания перехода считается равным нулю. Учитывая эти условия, нами предложены модифицированные сети Петри (МСП) [7]. Модификация сетей Петри – сеть Петри вида  $S = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$ ,

где  $T = \{t_j\}$  – конечное непустое множество символов, называемых *переходами*.

$P = \{p_i\}$  – конечное непустое множество символов, называемых *позициями*.

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$  – входная функция, которая для каждого перехода  $t_j$  задает множество его позиций  $p_i \in I(t_j)$ .

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$  – выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций  $p_i \in O(t_j)$ .

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$  – функция маркировки (разметки) сети, которая ставит в соответствие каждой позиции неотрицательное целое число, равное числу меток в данной позиции, которое меняется в процессе работы сети.

Срабатывание перехода мгновенно изменяет разметку  $M(p) = (M(p_1), M(p_2), M(p_3), \dots, M(p_n))$  на разметку  $M'(p)$  по следующему правилу:

$$M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (1)$$

Запись уравнения (1) означает, что переход  $t_j$  изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных.

$L = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  – множество цветов меток маркировки.

Метки интерпретируются как дискретные потоки (финансовые, материальные или информационные).

$\tau_1: T \rightarrow N$  и  $\tau_2: P \rightarrow N$  функции, определяющие время задержки при срабатывании перехода и время задержки в позиции.

Динамика выполнения МСП определяется движением меток, моделирующих движение дискретных потоков.

Таким образом, рассмотренная модификация сетей Петри позволяет решать следующие задачи [7]:

1. Анализ функционирования элементов системы в условиях нештатных ситуаций.
2. Анализа переключения управления на сетевом уровне.
3. Анализа системы для обеспечения устойчивого, стабильного состояния.

Для управления потоками в интернет-магазине разработана математическая модель. Модель разработана в виде МСП, реализация которой позволила

исследовать системные связи и законы функционирования системы в целом. Построены также модели основных ее элементов с использованием результатов [7, 8]. Из СП-моделей основных элементов была синтезирована модель всей схемы интернет-магазина (рис. 2).

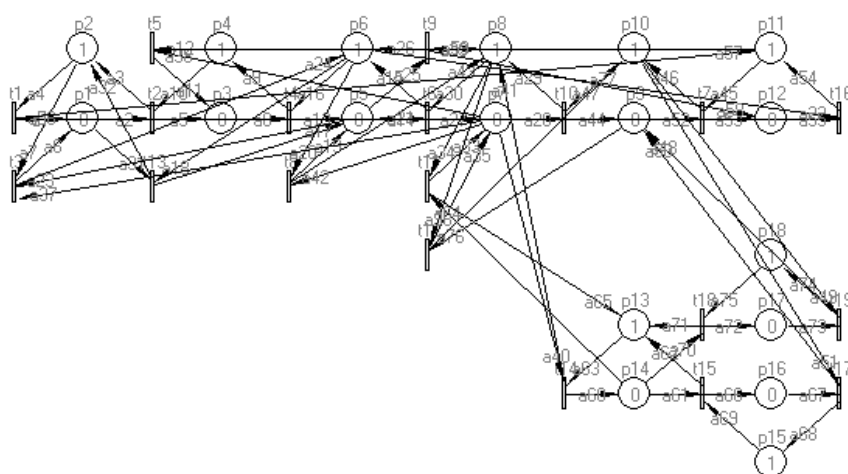


Рис.2. Модель схемы интернет-магазина  
в виде модифицированной сети Петри

Таким образом, нами разработана СП-модель интернет-магазина. На ее основе целесообразно создание программного комплекса, позволяющего анализировать информационные, материальные потоки и прогнозировать развитие внештатных ситуаций интернет-магазина.

### Литература

1. Юрасов А.В. Электронная коммерция: учебное пособие / А.В. Юрасов. – М.: Дело, 2003. 480 с.
2. Кобелев, О.А. Электронная коммерция: учебное пособие 3-е изд., перераб. и доп. / О.А. Кобелев. М.: Дашков и К, 2010. – 682 с.
3. Исмагилов И.И., Белов А.И. Методические аспекты выбора портфеля проектов интеграции корпоративной информационной системы с инструментами электронной коммерции / И.И. Исмагилов, А.И. Белов // Вестник Казанского государственного финансово-экономического института. 2010. № 4. С. 64–69.
4. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / В.Г. Болотянский, Р.В. Гамкредидзе, Е.Ф. Мищенко. – М.: Наука, 1976. – 393 с.
5. Закиров Р.К., Савдур С.Н. Сетевое моделирование комплекса биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных / Р.К. Закиров, С.Н. Савдур // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 10 (18). С. 199–202.
6. Логист ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logist.ru>. (Дата обращения: 5.04.2016 г.).
7. Анаников С.В., Азимов Ю.И., Савдур С. Н. Разработка систем управления оборотного водоснабжения в нефтехимических производствах / С.В. Ана-

ников, Ю.И. Азимов, С.Н. Савдур // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 2 (16). С. 136–139.

8. Azimov Yu. I., Ismagilov I.I., Savdur S.N. Network Modelling of Functioning System of the Process Module of Oil-Contaminated Wastewater Treatment / Yu. I. Azimov, I.I. Ismagilov, S.N. Savdur // Asian Social Science. 2015. № 11 (11). P. 313–318.